

ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL DE SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS PARA EL AÑO 2050 DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO- ECUADOR

CLIMATE CHANGE SCENARIO AT SUBWATERSHED LEVEL HYDROGRAPHIC FOR THE YEAR 2050 OF THE CHIMBORAZO PROVINCE OF ECUADOR

Diana Bustamante Calderón*

Coordinación de Planificación, Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, Carabobo y Primera Constituyente, Riobamba, Ecuador.

*Autor para correspondencia: ingdiana22@gmail.com

Artículo recibido el 14 de julio de 2017. Aceptado, tras revisión el 15 de agosto de 2017. Publicado el 1 de septiembre de 2017.

Resumen

El presente estudio se realizó en la provincia de Chimborazo-Ecuador con el propósito de establecer un escenario de cambio climático para el año 2050, a fin de implementar políticas públicas en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial que ayuden a reducir la vulnerabilidad de la población ante los riesgos climáticos. Para ello, se analizó información a nivel de subcuencas hidrográficas con una resolución espacial de 1 km² en un escenario de radiación de 2,6 RCP, corresponde a un Modelo Global de Circulación (GCM) denominado MIROC-ESM-CHEM. En la definición del escenario, se utilizó información a una escala 1:4000000 más detallada generada por WorldClim ya que la información climática disponible de modelos como PRECIS, TL959 generados para el Ecuador, tienen un detalle muy bajo con una grilla de 50 km², escala 1:282 800 000, que para el caso de la provincia es una gran limitante considerando que de la información se obtuvo resultados para nivel de subcuencas. Al comparar el escenario actual y el de cambio climático para el año 2050, en los datos se observó variaciones climáticas principalmente reducción de la precipitación en las subcuencas: río Namangoza, río Patate y río Chambo; así como, un incremento de la temperatura mínima y máxima en la subcuenca río Namangoza.

Palabras claves: Escenarios climáticos, vulnerabilidad, Chimborazo, subcuenca.

Abstract

The present study was realized in the Province of Chimborazo-equator by the intention of establishing a scene of climate change for the year 2050, in order to implement public policies in the Plan of Development and Territorial Classification that they help to reduce the vulnerability of the population before the climatic risks. For it, information was analyzed to level of hydrographic subbasins by a spatial resolution of 1 km² in a scene of radiation of 2,6 RCP, it corresponds to a Global Model of Traffic (GCM) named MIROC-ESM-CHEM. In the definition of the scene, information was in use to a scale 1:4000000 more detailed generated by WorldClim since the climatic available information of models as PRECIS, TL959 generated for the Ecuador, they have a very low detail with a cricket of 50 km², it climbs 1:282 800 000, which for the case of the province it is great bounding one considering that of the information obtained results for level of subbasins. On having compared the current scene and that of climate change for the year 2050, in the information climatic variations were observed principally reduction of the rainfall in the subbasins: Rio Naman-goza, Rio Patate and Rio Chambo; as well as, an increase of the minimal and maximum temperature in the subbasin Rio Namangoza

Keywords: Climatic scenarios, vulnerability, Chimborazo, subbasin.

Forma sugerida de citar: Bustamante, D. 2017. Escenario de cambio climático a nivel de subcuencas hidrográficas para el año 2050 de la provincia de Chimborazo- Ecuador. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 26(2):15-27. pISSN:1390-3799; eISSN:1390-8596.

1 Introducción

La provincia de Chimborazo se encuentra ubicada en el centro del Ecuador entre la cordillera oriental y occidental. Su ubicación permite la formación de 13 ecosistemas (MAE, 2013) y de una diversidad de pisos climáticos que permiten el desarrollo de actividades productivas asentadas principalmente en el valle central de la provincia. Esta diversidad climática, permite el cultivo de productos de zonas frías como papas, trigo y cebada, de zonas templadas como maíz y fréjol y de zonas tropicales como caña de azúcar, banano y cacao.

Por otro lado, existe un consenso científico referente a la alteración del clima global, a pesar de la incertidumbre que caracteriza a estas proyecciones de modelos computacionales a nivel global (Jiménez et al., 2012), y regional, como en los Andes (Cuesta et al., 2009). De acuerdo a la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático SCNCC del Ecuador y basados en información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, se señala un incremento en la temperatura media, máxima y mínima anual en todo el territorio nacional, con algunas excepciones en ciertas zonas. De la información disponible de 39 estaciones analizadas entre 1960 y 2006 la temperatura media anual en el Ecuador se incrementó en 0,8 °C, la temperatura máxima absoluta en 1,4 °C y la temperatura mínima absoluta en 1,0 °C (MAE, 2011).

En el caso de la precipitación a nivel nacional, la variación es diferenciada por región del país sin que se observe un patrón uniforme. En el caso de la región sierra la SCNCC reporta un incremento del 8% en las precipitaciones entre los años 1960 y 2006 (MAE, 2011).

Sin embargo, para la provincia de Chimborazo se reporta un patrón diferenciado entre la zona norte y la zona centro sur de la provincia. Para el periodo analizado en base a los reportes del INAMHI, el área norte presenta un ligero incremento de la precipitación y en la zona centro sur un descenso en los valores de precipitación. Esta variabilidad climática local determina en el territorio patrones de producción, distribución de ecosistemas y disponibilidad de agua para las poblaciones locales (Huettmann, 2006). Muchos de los productos agrícolas de la provincia dependen enteramente de los patrones climáticos ya que se desarrollan bajo secano.

En estas condiciones las alteraciones de la temperatura y precipitación inciden sobre los rendi-

mientos agrícolas, produciendo cambios en las épocas de cosecha y por tanto afectando tanto a la seguridad alimentaria como a los ingresos que las comunidades rurales reciben de la venta de los productos agrícolas (Serrano et al., 2012) (Laderach et al., 2010).

Por lo antes expuesto, es necesario establecer un escenario de cambio climático a nivel de subcuenca hidrográfica para el año 2050 de la provincia de Chimborazo, Ecuador, con el fin de contribuir en la generación de nuevas políticas agrícolas y productivas que permitan a la población enfrentar los cambios climáticos en la provincia.

2 Materiales y Métodos

2.1 Descripción del área de estudio

La provincia de Chimborazo, es una provincia del Ecuador, ubicada en el centro de la región interandina del país, conocida como la Sultana de los Andes, debido a que alrededor de ella se encuentran grandes cumbres, el volcán Chimborazo, Carihuayrazo, El Altar, el Igualata, el Tungurahua, el Sangay, varias de estas cumbres comparte con otras provincias. Administrativamente tiene 10 cantones (Alausí, Chambo, Cumandá, Penipe, Colta, Riobamba, Guamote, Chunchi, Pallatanga y Guano) y 45 parroquias rurales. El acceso hacia la provincia se lo puede realizar por vías de primer orden, la Panamericana, por la región interandina o sierra, desde la ciudad de Quito y Balbanera, por la región Costa, y, desde la ciudad de Guayaquil.

2.2 Aspectos físicos

En Chimborazo predomina el clima ecuatorial de alta montaña en aproximadamente el 58,73% de la extensión territorial, en éste se encuentran las cabeceras parroquiales de Tixán, Palmira, Cebadas, Pangor, Licto, Pungalá, Chazo, Guanando, Ilapo, Santa Fe de Galán, el cantón Penipe y sus parroquias.

2.2.1 Hidrología

La oferta hídrica natural está directamente asociada a la disponibilidad de agua que el ciclo hidrológico provee en un período y lugar. Su estimación y variabilidad puede obtenerse por medio de múltiples observaciones in situ, o por medio de modelos hidrológicos calibrados. En la provincia de Chimbo-

razo, agosto y septiembre son los meses de mayor demanda de agua en el año, exigiendo 1 663,87 l/s para el regar 2 040 ha. La oferta es 2 524 l/s, cuyo factor de incremento de área regada es 1,51 (relación oferta demanda) señalando así que la disponibilidad de agua permitirá incrementar la cobertura de riego.

2.2.2 Precipitación

Debido a la orografía del territorio, la precipitación tiene una variación a lo largo de la provincia. En general, la estación lluviosa tiene sus máximos en marzo (60-90mm) y octubre (50-70mm) con una distribución bimodal, con el pico máximo en marzo y el mínimo en agosto (10-20mm).

Los valores de precipitación media mensual observada en las zonas de mayor precipitación superan los 200 mm (Pallatanga, Cailimbe), mientras que la región que registra una precipitación media más baja es Guano con 57 mm correspondiente al mes de marzo (GADPCH, 2014).

2.2.3 Temperatura

Las temperaturas medias son variadas, los valores máximos por lo general se producen en noviembre y los valores mínimos de temperatura media en julio.

En Chimborazo, las áreas pobladas cubre la franja central del territorio, ubicadas en valles formados por un graben, al costado izquierdo se encuentra la Cordillera Central y al derecho la Oriental. En este contexto, la temperatura media anual decrece desde el valle central hacia las cordilleras; los registros más bajos se ubican en áreas pobladas, la parroquias Pangor, Villa la Unión del cantón Colta y San Juan cantón Riobamba, Achupallas del cantón Alausí, Palmira cantón Guamote, con temperaturas medias que oscilan 9° -10°C, mientras que los registros más altos se ubica en la parroquia Multitud del cantón Alausí con 20°C y el cantón Cumandá con temperaturas cercanas a 24°C. La temperatura ambiental varía de acuerdo a la altura o piso climático (GADPCH, 2014).

La variación de la temperatura es bastante amplia, puesto que desde los puntos más altos en los volcanes Chimborazo y Tungurahua hasta el punto más bajo, las temperaturas medias anuales varían desde -4 a 0°C para cotas >5 000 msnm, hasta 25°C en el cantón Cumandá con una altura que va

desde los 300 hasta 1 900 msnm aproximadamente (GADPCH, 2014).

2.2.4 Demarcación hidrográfica

El sistema hidrográfico provincial se encuentra conformado por tres cuencas hidrográficas: Guayas, Pastaza y Santiago y cuatro sub cuencas hidrográficas: Yaguachi, Patate, Chambo y Namangoza. La demarcación con mayor extensión corresponde a la Cuenca del Pastaza con 54% del total de la superficie (Figura 1).

2.3 Cambio climático en Chimborazo

En la provincia de Chimborazo, no existen estudios puntuales en torno a la problemática de cambio climático. Sin embargo existen evidencias de que en la provincia en los últimos años se han ocasionado gran cantidad de incendios, cuyos lugares de acción han sido principalmente páramos y bosques primarios (GADPCH, 2014).

Los incendios provocados en los ecosistemas naturales, no permiten una adecuada adaptación al cambio climático, ocasionando que especies animales y vegetales migren hacia pisos climáticos superiores para asegurar su supervivencia (Feeley y Silman, 2010).

Chimborazo, considerada como una provincia netamente agrícola, provista de territorios prodigiosos para las labores agrícolas, los que a lo largo del tiempo han ido perdiendo su fertilidad y el rendimiento necesario para su rentabilidad, lo que ha provocado que las franjas agrícolas vayan ganando espacios invadiendo las zonas de cobertura natural.

La pérdida de cobertura natural se refleja principalmente en el cambio del calendario agrícola, aumentando el número de días lluviosos y reduciendo el número de días secos, causando malestar a los agricultores debido a las pérdidas de cultivos ya sean por exceso o falta de precipitación.

Además, el coloso Chimborazo, ubicado en el extremo occidental de la provincia, es el nevado de 6 310 msnm, de cuyos deshielos da origen a vertientes importantes para los habitantes de las provincias de Tungurahua y Chimborazo, en los últimos años se observa la pérdida de una parte de los glaciares, la principal afectación se visualiza en el suministro de agua (La Frenierre, 2010).

Tabla 1. Cuencas hidrográficas de la provincia de Chimborazo, con su extensión en ha y % presente en el territorio.
Fuente: SENAGUA

Cuenca (Río)	Provincia	área (Ha)	área (%)
Guayas	Chimborazo	240 555,01	37
Pastaza	Chimborazo	349 161,64	53,71
Santiago	Chimborazo	60 345,47	9,28
Total		650 062,12	100

Tabla 2. Subcuencas hidrográficas. Fuente: SENAGUA

Cuenca (Río)	Subcuenca (Río)	Provincia	área (Ha)	área (%)
Guayas	Yaguachi	Chimborazo	240 555,01	37
Pastaza	Patate	Chimborazo	1 944,69	0,3
Pastaza	Chambo	Chimborazo	347 216,95	53,41
Santiago	Namangoza	Chimborazo	60 345,47	9,28
TOTAL			650 062,12	100

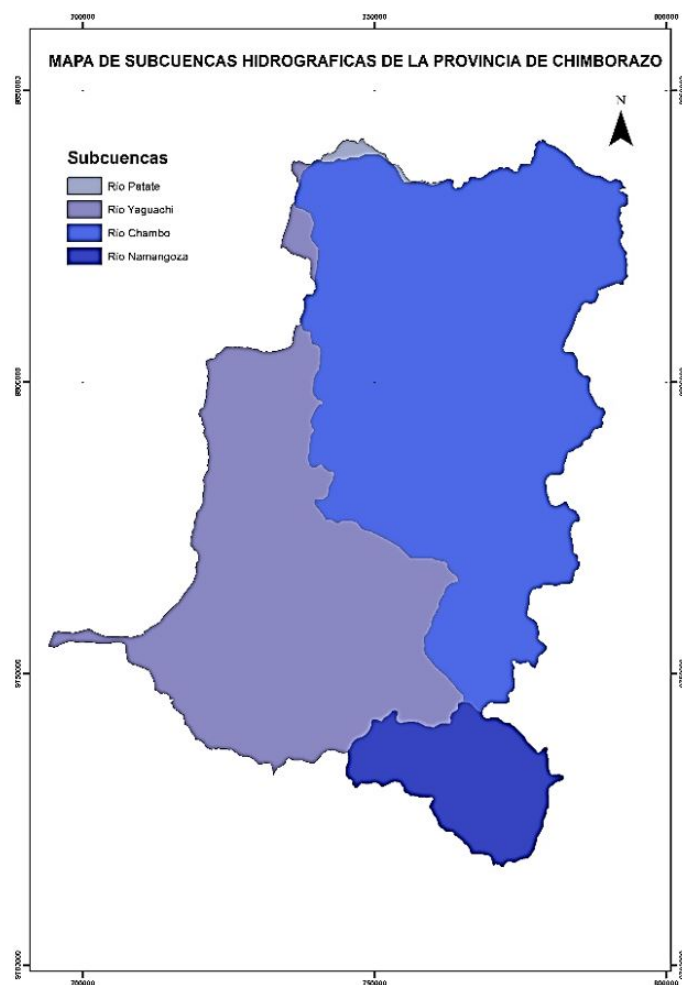


Figura 1. Subcuencas hidrográficas en la provincia de Chimborazo

2.4 Métodos

2.4.1 Clima actual

El escenario climático actual para la provincia se construyó en base a la información bioclimática generada por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2013). Esta información corresponde a información disponible a nivel mundial del modelo WorldClim (Hijmans et al., 2005a, 2005b) y de la información del Instituto INAMHI. En base a esta información se determinaron las condiciones climáticas de escenario actual para el periodo entre los años 1971 y 2000 a una resolución de 1 km². El documento del Modelo bioclimático para el Ecuador (MAE, 2013) describe los detalles metodológicos para la obtención de los resultados que se utilizaron en este documento como línea base de precipitación y temperatura máxima y mínima mensuales.

Esta información constituye la línea base sobre la cual se realizarán las comparaciones de los escenarios de cambio climático.

2.4.2 Clima Futuro

Para el escenario futuro se utilizó la información disponible en la página de WorldClim (2013) que recoge la información de diferentes centros de investigación climática a nivel mundial. Para este análisis se utilizó la información del modelo de circulación global denominado MIROC-ESM-CHEM para el año 2050 con una resolución de 1 km² considerando una concentración de gases de CO₂ de RCP 2.6. Los datos disponibles son proyecciones climáticas de GCMs reducidas y calibradas (diagonales corregidos) usando WorldClim 1.4 como clima de base "actual". WorldClim es un conjunto de capas climáticas mundiales (datos climáticos con rejilla). Se obtuvo información mensual en formato raster de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación.

2.4.3 Modelos de circulación global

El GMC es un modelo computacional que calcula y predice los patrones climáticos futuros. Los GCMs utilizan las ecuaciones de movimiento de la dinámica de fluidos en un Modelo Numérico de Predicción del Clima (Numerical Weather Prediction, NWP), con el propósito el clima como resultado de cambios lentos en algunas condiciones iniciales y de frontera o de parámetros físicos (tales como la cons-

tante solar y la concentración de gases de efecto invernadero). El modelo se centra en cada celda y la transferencia de energía entre ellas. Una vez que se calcula la simulación se puede determinar una serie de patrones climáticos y escenarios. Los GCMs se hacen en una serie de laboratorios de computación especializados de todo el mundo.

El Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se basó en los resultados de 21 modelos climáticos globales (GCMs), los datos están disponibles a través de una interfaz del IPCC, o directamente de las instituciones que desarrollaron cada uno de los modelos. Es así, en mapas de pequeña escala, el nivel de detalle es pequeño y mapas de gran escala, el detalle de los elementos cartografiados es mayor. La reducción de escala es por tanto, necesaria para proporcionar superficies de mayor resolución de los climas futuros esperados para que los impactos probables del cambio climático en la agricultura sean pronosticados con mayor precisión. En el presente estudio los archivos raster con resolución espacial de 50 km² fueron sustituidos por los de 1km², reduciendo la escala de la información.

Los datos de resolución espacial de 1 km² se produjeron con un método que puede aplicarse fácilmente para modelos climáticos. Comienza con el cambio proyectado en una variable meteorológica (por ejemplo, la temperatura mínima en junio). Esto se calcula como la diferencia absoluta entre la producción del GCM para los años de referencia (1970-2000) y para los años objetivo (2041-2060). Estos cambios se interpolan a una cuadrícula con una resolución alta (1 km). La suposición hecha es que el cambio en el clima es relativamente estable sobre el espacio, alta autocorrelación espacial. Estos cambios de alta resolución se aplican entonces a los datos climáticos interpolados de alta resolución para el "período actual" (en este caso el conjunto de datos WorldClim), mediante una calibración del modelo. La calibración es necesaria porque los GCM no predicen con exactitud el clima actual en todos los lugares. Por esa razón, no se puede comparar directamente el clima actual observado con el clima futuro previsto. También es problemático comparar la respuesta a condiciones de corriente simuladas con una respuesta a condiciones futuras simuladas porque las condiciones de corriente simuladas podrían estar lejos de la realidad (WorldClim, 2013).

Con la ayuda de estas metodologías establecidas y con los datos informáticos necesarios generados

tanto para modelos actuales como para los futuros se incluyó la herramienta SIG, "Zonal statistics as table" que permite generar los resultados a niveles de subcuencas hidrográficas, objeto de la presente investigación.

2.4.4 Análisis espacial

Para el análisis de la información se tomó como unidad espacial los límites de las subcuencas hidrográficas descritos en la Tabla 2. Los resultados se obtuvieron de las capas en formato raster por cada mes de las variables analizadas. Para el análisis de la información se contrastó el escenario actual y el futuro y de acuerdo a la metodología establecida por el IPCC (2007), se consideró que a mayor variación entre el promedio de las variables de la línea base con el escenario futuro se tendría un mayor impacto. Para obtener los valores promedio de cada variable a nivel de subcuencas hidrográficas se utilizó la herramienta "Zonal statistics as table" de la herramienta de Spatial Analyst de ArcMap versión 10.2.

Se calcularon las diferencias promedio mensuales para cada cantón entre el año 2050 y la línea base actual.

Estas variaciones se muestran como el porcentaje de variación entre las condiciones de línea base y el escenario de cambio climático 2050. Además, se muestra el valor de variación ya sean grados Celsius en el caso de la temperatura y milímetros de lluvia para el caso de la precipitación. En el caso del porcentaje se muestran valores de incremento o disminución según sea el caso (Serrano et al., 2017).

3 Resultados y Discusión

3.1 Temperatura

Los resultados observados para la provincia de Chimborazo, en función a la temperatura coinciden con todas las previsiones a nivel mundial que indican un incremento generalizado. Para la provincia, la temperatura mínima promedio mensual se incrementaría aproximadamente entre 1,61 y 1,66°C para el año 2050, mientras que la temperatura máxima mensual se incrementaría aproximadamente entre 0,94 y 2,43 °C. Las temperaturas mínimas más altas se registran en el mes de Julio: 2.01, 2.05 y 2.09 °C y las más frías en el mes de septiembre: 1.39 y 1.38°C. Coincidiendo con información generada

para la provincia a nivel de cantones (GADPCH, 2014).

En análisis por subcuencas, se registra el incremento más alto de la temperatura mínima mensual para las subcuencas del río Patate y río Chambo con 2,05°C en el mes de julio. La menor variación en este parámetro corresponde a las subcuencas del río Yaguachi y río Chambo en el mes de septiembre. El promedio anual de incremento de temperatura mínima varía entre 1,61 y 1,66 (Tabla 3).

Al analizar la información a nivel de subcuenca hidrográfica, la subcuenca del río Namangoza registra el incremento más alto de la temperatura máxima mensual con 2,40; 2,41 y, 2,49°C en el mes de mayo y julio respectivamente. La menor variación en este parámetro corresponde a las subcuencas del río Yaguachi y río Chambo en febrero (Tabla 4).

Los cambios en la temperatura tendrán efectos directos en la distribución de los ecosistemas naturales remanentes, en la productividad de los cultivos y los patrones de distribución de especies transmisoras de enfermedades tropicales que en las nuevas condiciones pueden incrementar su distribución altitudinal.

El escenario para el año 2050 coincide en el incremento generalizado de la temperatura en todas las subcuencas de la provincia de Chimborazo en rangos superiores a los 2,4°C en algunos casos.

4 Precipitación. Nivel provincial

La amplia variación altitudinal, ha definido los patrones de precipitación al interior de la provincia de Chimborazo. El clima de la provincia tiene además influencia de las masas húmedas provenientes de la cuenca amazónica y de la humedad proveniente desde el océano Pacífico. Bajo estas condiciones la provincia presenta una serie de microclimas y condiciones, que van desde muy húmedas en el Parque Nacional Sangay hasta zonas secas como las que se encuentran en donde se asienta la ciudad de Riobamba o Palmira (Figura 2).

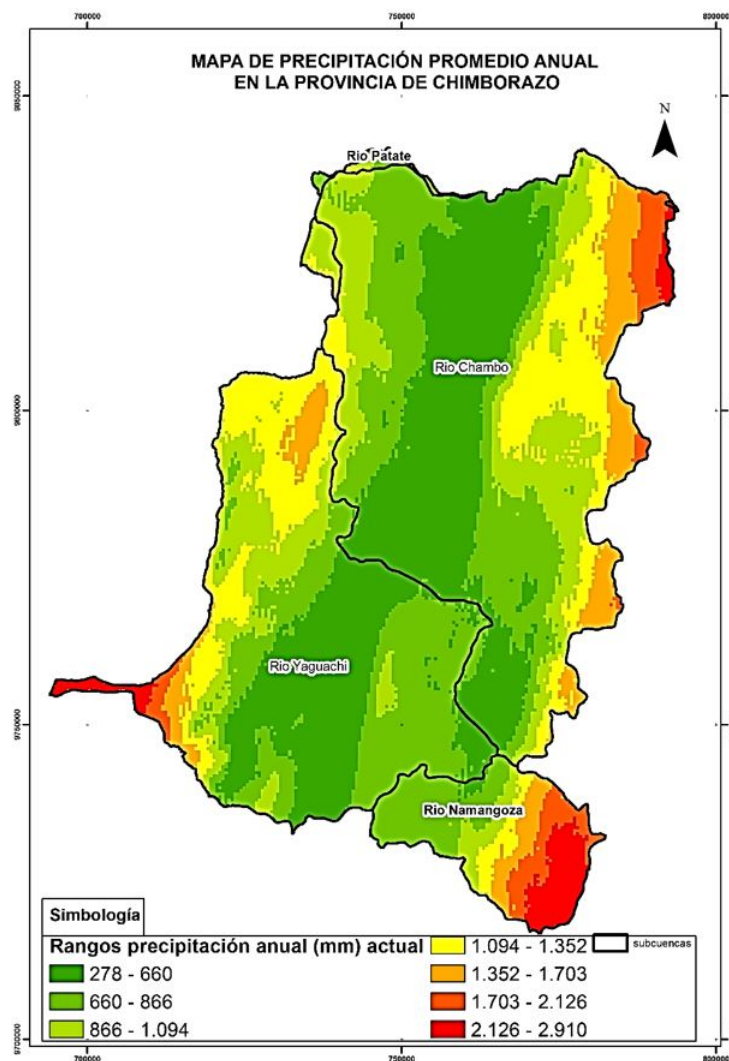
En la Figura 3, al igual que un climograma, muestra en forma sintética y con valores mensuales, cómo varían la precipitación promedio mensual acumulada en dos escenarios, el actual y el futuro al 2050. Los resultados a nivel provincial muestran una variación en la precipitación promedio mensual en la provincia, especialmente en el periodo abril a diciembre, donde la precipitación actual alcanza va-

Tabla 3. Cambio en los valores promedio de temperatura mínima (Celsius) a nivel de subcuencas hidrográficas entre la línea base y el escenario de cambio climático al año 2050

Subcuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Río Yaguachi	1,5	1,4	1,54	1,6	1,8	2	2	1,7	1,4	1,5	1,5	1,4	1,61
Río Chambo	1,5	1,4	1,54	1,6	1,8	2	2,1	1,7	1,4	1,5	1,5	1,4	1,62
Río Namangoza	1,5	1,4	1,6	1,7	1,8	2	2,1	1,7	1,4	1,5	1,5	1,4	1,64
Río Patate	1,6	1,5	1,55	1,6	1,85	2,1	2,1	1,8	1,5	1,6	1,6	1,5	1,66

Tabla 4. Cambio en los valores promedio de temperatura máxima (Celsius) a nivel subcuencas hidrográficas entre la línea base y el escenario de cambio climático al año 2050

Subcuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Río Yaguachi	1,5	1,4	1,54	1,6	1,8	2	2	1,7	1,4	1,5	1,5	1,4	1,61
Río Chambo	1,5	1,4	1,54	1,6	1,8	2	2,1	1,7	1,4	1,5	1,5	1,4	1,62
Río Namangoza	1,5	1,4	1,6	1,7	1,8	2	2,1	1,7	1,4	1,5	1,5	1,4	1,64
Río Patate	1,6	1,5	1,55	1,6	1,85	2,1	2,1	1,8	1,5	1,6	1,6	1,5	1,66

**Figura 2.** Precipitación promedio anual (mm) en la provincia de Chimborazo

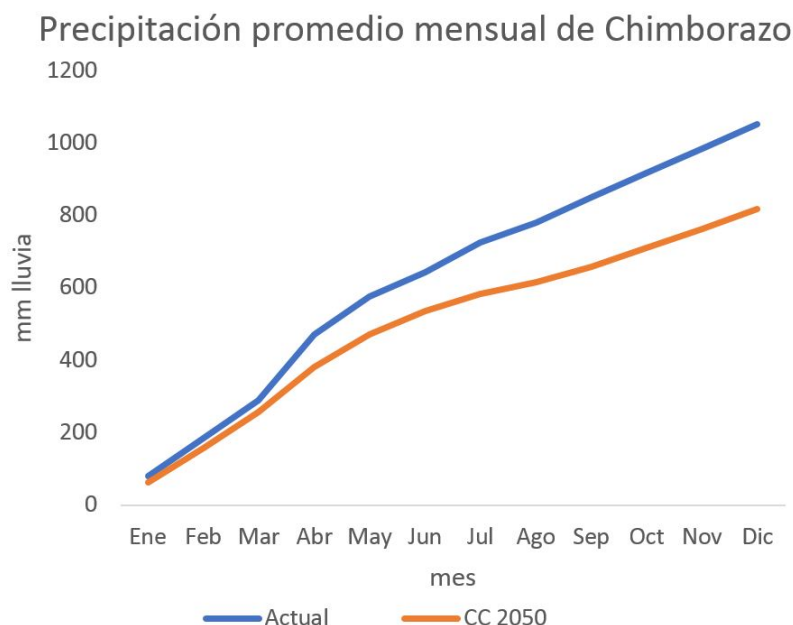


Figura 3. Precipitación promedio mensual acumulada (mm) para la provincia de Chimborazo en condiciones actuales y de cambio climático.

lores contrarios, en el escenario de cambio climático se registra una reducción de la lluvia para este período. Además, entre los meses de enero a abril no se presenta cambios bruscos a nivel provincial.

Al analizar los resultados obtenidos a nivel de subcuencas hidrográficas, las condiciones son muy diversas. Se registran subcuencas en los cuales no se observa un cambio importante en relación a las condiciones actuales mientras en otros casos la variación puede alcanzar decenas de milímetros de lluvia mensual (Tabla No. 5).

De las 4 subcuencas existentes para la provincia de Chimborazo, la del río Chambo y río Namangoza presentan una reducción en los valores de precipitación promedio mensual en todos los meses del año. La subcuenca del río Yaguachi presenta reducción en la precipitación al año 2050 en 7 de los 12 meses del año con un incremento en la precipitación del mes de febrero, marzo, mayo, junio y julio. La subcuenca del río Patate presenta una reducción de la precipitación en 11 de los 12 meses, y por otro lado un incremento de precipitación de 23,1 mm para el mes de junio (Tabla No. 5). La subcuenca del río Yaguachi con un valor de -1,3 en relación al valor de línea base, pasando de los actuales 671,38 mm a 670,08 mm. La subcuenca que mayor variación neta anual de precipitación registraría es la del río

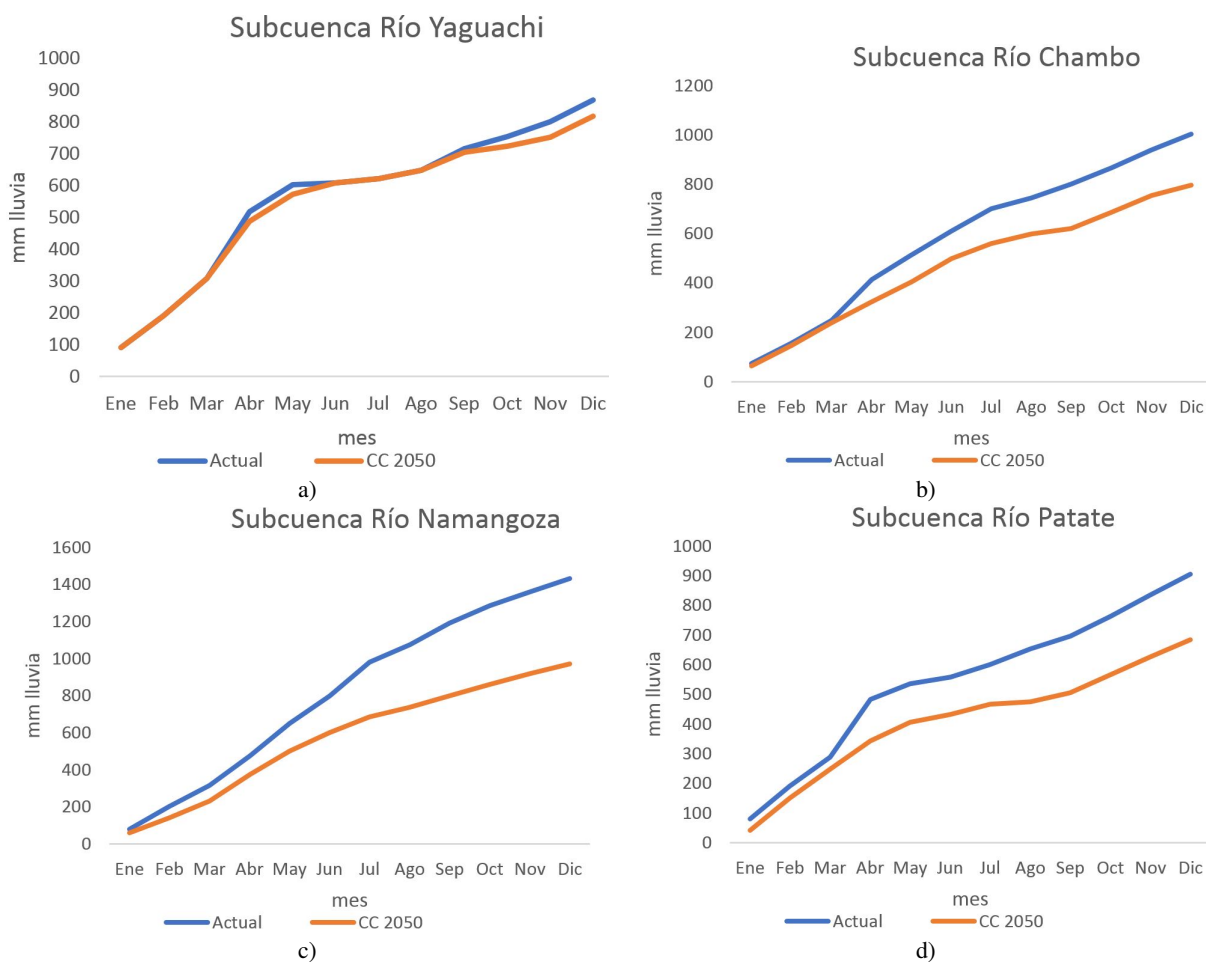
Namangoza con un valor de -417,78 mm anuales, pasando de los actuales 1 435,1 mm a 1 017.32 mm anuales.

Los valores de precipitación acumulada por nivel de subcuencas hidrográficas es importante al momento de considerar el tipo de cultivo que puede desarrollarse con las condiciones de precipitación presentes, este dato es crítico para los cultivos de secano. En 3 de las 4 subcuencas presentarían una reducción de la precipitación acumulada, incluyendo la subcuenca del río Chambo que cubre más del 50% del territorio de la provincia (Ver figura 4b, 4c y 4d). La subcuenca del río Yaguachi (Figura 4a) presenta un escenario donde las precipitaciones actuales y futuras tienen valores similares. (Figura 5 y 6).

Los cambios netos y porcentuales de precipitación tendrán efectos sobre la disponibilidad de agua en todos los ecosistemas de la provincia. Los parámetros se convierten en ecosistemas claves para reducir en parte los efectos relacionados al cambio climático tanto en la precipitación como la temperatura. Un incremento de la temperatura generalizado para la provincia y reducción de las lluvias tendrá un efecto adverso sobre las comunidades locales ya que esto significará mayores tasas de evapotranspiración en los cultivos, especialmente en aquellos realizados a secano (GADPCH, 2014).

Tabla 5. Cambio en los valores promedio de precipitación (mm) a nivel de subcuencas entre la línea base y el escenario de cambio climático al año 2050

Subcuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rio Yaguachi	-8,6	11	7,4	-43	2	28	3,8	-1,3	-7	-14	-14	-18
Rio Chambo	-18	-2,9	-11	-72	-18	-7,1	-11	-16	-17	-15	-11	-23
Rio Namangoza	-29	-22	-19	-57	-34	-21	-83	-60	-56	-37	-25	-36
Rio Patate	-33	-2,2	-3,1	-88	-17	23	-17	-15	-15	-14	-6,9	-26

**Figura 4.** Precipitación acumulada (mm) por subcuenca hidrográfica

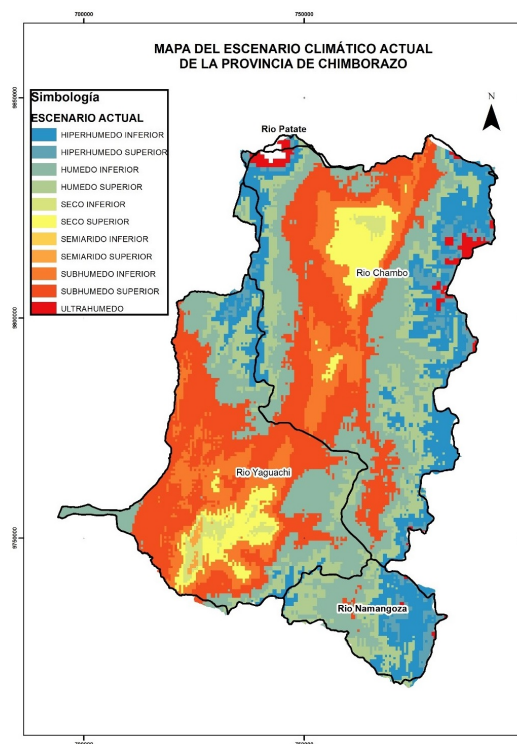


Figura 5. Escenario de condiciones actuales para la provincia de Chimborazo

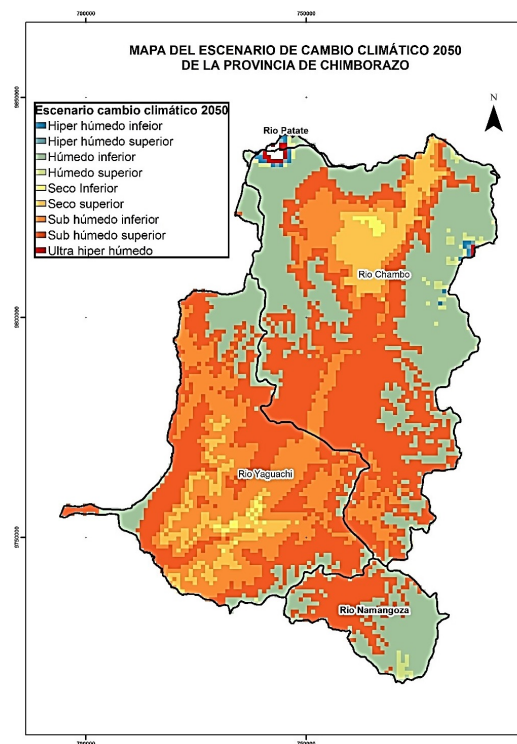


Figura 6. Escenario de cambio climático al 2050 para la provincia de Chimborazo

Para contrarrestar cambios que vulneren la soberanía alimentaria de la población y afecten al buen vivir de su gente, es necesario establecer verdaderas políticas que ayuden a la protección de los ecosistemas naturales, trabajar en prácticas agrícolas que ayuden a la adaptación al cambio climático y principalmente a su mitigación.

Los sistemas de riego actuales, la inversión en sistemas de producción, y la ciudadanía deberán considerar las variaciones futuras y la disponibilidad de agua en escenarios de cambio climático.

En las Figura 5 y 6 se muestran dos escenarios, el de condiciones actuales y en el escenario de cambio climático. Aquí se muestra claramente una reducción de las condiciones húmedas en las estribaciones orientales que es el efecto más evidente dentro de la provincia de los efectos del cambio climático (GADPCH, 2014).

Este trabajo permite visualizar los cambios tanto de precipitación y temperatura que tendrá la provincia y su implicación en las subcuencas hidrográficas que constituyen un límite natural, el que será afectado de seguir con prácticas similares en contra del incremento de emisiones de CO₂, agravando las condiciones climáticas, produciendo el tan temido cambio climático.

5 Conclusiones

El escenario de cambio climático al 2050 para la provincia de Chimborazo muestra una reducción generalizada de la precipitación en las subcuencas hidrográficas, información obtenida al contrastar con el escenario actual del clima de la provincia. Las subcuencas con un mayor porcentaje de reducción de precipitación en la provincia son: río Namangoza, río Patate y río Chambo. La subcuenca del río Yaguachi, que alimenta a la cuenca del Guayas, en 7 de los 12 meses muestra un cambio casi imperceptible en la precipitación, los valores actuales como para el cambio climático son relativamente similares.

Por otro lado, el incremento de la temperatura mínima y temperatura máxima se da principalmente en la subcuenca del río Namangoza en el mes de Julio. En esta subcuenca se encuentra ubicada el Parque de Reserva Faunística Sangay.

6 Recomendaciones

Se requiere fortalecer programas de conservación de la cobertura natural debido a que la reducción de ecosistemas naturales incrementará los impactos debido a la ausencia de los hábitats remanentes. Así, es necesario implementar políticas que ayuden a fortalecer los procesos del uso eficiente de agua, para estar preparados frente ante una reducción casi generalizada de la disponibilidad de agua.

Para reducir la vulnerabilidad al cambio climático frente a escenarios, donde el incremento de temperatura y reducción de precipitación son evidentes, se debe reforzar la eficiencia en el uso del suelo y del agua en conjunto, e integrarlos en un manejo integral del clima-ecosistema.

Si bien es cierto la división política administrativa ayuda a las autoridades al ejercicio de sus competencias en torno a los objetivos de desarrollo, es necesario comenzar a trabajar mancomunadamente considerando las unidades hidrográficas como nuevos elementos de linderación para el trabajo en pro de la reducción de los efectos del cambio climático.

Referencias

- Cuesta, F., Peralvo, M. y Valarezo, N. 2009. Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático. *Serie Investigación y Sistematización* #5. Programa Regional ECOBONA- INTERCOOPERATION. Quito. Disponible en: <https://goo.gl/PDxPPf>.
- Feeley, K. y Silman, M. 2010. Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. *Global Change Biology*, 16, p. 3215-3222. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02197.x>
- GADPCH, Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo. 2012. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Chimborazo - Síntesis. Riobamba.
- GADPCH, Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo 2014. índice Ombrotérmico para la provincia de Chimborazo en un escenario de cambio climático al año 2050. Ecociencia-Riobamba.

- Huettmann, F., Leathwick, R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manton, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. Mc C., Peterson, A.T., Phillips, J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M. y Zimmermann, E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, p. 129-151. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, Parra, J. L., Jones, P. G. y Jarvis, A. 2005a. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, p. 1965-1978. DOI: <http://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hijmans, R. J., Guarino, L., Jarvis, A., O'Brien, R., Mathur, P., Bussink, C., Cruz, M., Barrantes, I. y Rojas, E. 2005b. DIVA-GIS Version 5.2, Manual. Disponible en: <https://goo.gl/RCPbi6>
- IPCC. 2007. Climate change 2007. The physical science basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press: Cambridge, UK. Disponible en: <https://goo.gl/r1YgXt>
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponible en: <https://goo.gl/GbJ87B>
- Jiménez, S. Castro, L., Yépez, J., y Wittmer, C. 2012. Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador. Fundación Carolina. *Serie Avances de Investigación*, 66. Disponible en: <https://goo.gl/jcGSr1>
- Laderach, P., A. Eitzinger, O. Ovalle, J. Ramírez y A. Jarvis. 2010. Climate Change Adaptation and Mitigation in the Kenyan Coffee. Final report.
- La Frenierre, J. 2010. Evaluation of Glacier Change on Volcan Chimborazo 1986-2010. Riobamba-Ecuador. As Derived from Landsat TM. Pp. 21. Disponible en: <https://goo.gl/67TLvV>
- MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013. Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente. Quito. Disponible en: <https://goo.gl/U1uaJU>
- MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2011. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Quito: Proyecto GEF/PNUD/MAE Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Disponible en: <https://goo.gl/fHmGei>
- Serrano, S., Zuleta, D., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E. y Villacís, M. 2012. Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La Granja, Revista de Ciencias de la Vida*. 16(2), p. 23-47. DOI: <http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n16.2012.03>
- Serrano, S., Ruiz, J. C. y Bersosa, F. 2017. Heavy rainfall and temperature projections in a climate change scenario over Quito, Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. 25(1) p. 16-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n25.2017.02>
- WorldClim. 2013. Información de clima a nivel mundial. Disponible en: <https://goo.gl/JxJSr9>